

- 1 -

Outil portatif électrique autonome de puissance

La présente invention concerne le domaine des appareils et instruments à sources d'énergie autonomes, plus particulièrement les outils électroportatifs de puissance autonomes, et a pour objet un ensemble d'outil du type précité à batterie lithium-ion ou lithium polymère.

5 Dans la présente, on entend par "outil" de manière générale un appareil ou instrument apte à faciliter l'action physique d'un opérateur dans l'exécution d'une tâche matérielle ou à exécuter ladite tâche sous le contrôle de l'opérateur. Par ensemble d'outil, on entend un outil avec sa source d'énergie autonome et le moyen d'alimentation de cette dernière.

10 On peut citer comme outils déjà réalisés par la déposante : les sécateurs électroniques pour la taille des arbres fruitiers et de la vigne, les attacheurs de végétaux et les outils de récolte de fruits.

Peuvent également être cités, de façon non limitative, à titre d'outils du genre précité et réalisés suivant des technologies similaires : les
15 scies à chaînes, les tondeuses à gazon portables à fil, les coupes haies, les marteaux piqueurs.

Ces outils électroportatifs de puissance se distinguent essentiellement des outils comparables actionnés par des sources d'énergie hydraulique, pneumatique ou électrique par le fait qu'ils sont autonomes et
20 indépendants de toute source d'énergie extérieure, ce qui permet à l'opérateur d'être entièrement libre de ses mouvements. Ils se distinguent aussi des outils électroportatifs autonomes actionnés par moteur thermique, par l'absence de pollution, de mauvaises odeurs, de vibrations et de bruit durant leur fonctionnement et par leur fiabilité d'utilisation.

25 Il est démontré d'autre part que l'usage de ces outils engendre un confort d'utilisation sans précédent, de par leur silence et leur souplesse.

De tels outils électriques portatifs autonomes de puissance comprennent généralement au moins trois sous-ensembles fonctionnels distincts, à savoir un premier sous-ensemble formant actionneur électrique
30 et générant l'action mécanique de l'outil, un deuxième sous-ensemble formant source d'énergie électrique et comprenant essentiellement une batterie électrochimique rechargeable et un troisième sous-ensemble formant chargeur apte à effectuer la recharge contrôlée de la batterie.

- 2 -

L'avènement et le développement de ces outils sont principalement liés à deux facteurs techniques :

- d'une part, l'arrivée sur le marché de nouveaux types de batteries ayant un meilleur rapport capacité/poids,
- 5 - d'autre part, le développement des technologies des moteurs électriques à très haut rendement.

Les batteries actuellement utilisées sur les outils cités en exemple sont du type nickel cadmium ou du type nickel métal hydrure. Elles ont une capacité énergétique d'environ 30 à 50 Wattheures par kilo.

10 Sachant qu'un opérateur a, en accord notamment avec les recommandations officielles, une capacité de portage sur le dos, en bandoulière ou à la ceinture, de 4 kg maximum pour un travail continu à la journée, on en déduit qu'avec les techniques actuelles nickel cadmium et nickel métal hydrure, la capacité totale de la batterie portée par l'opérateur
15 sera comprise entre 150 et 200 Wattheures.

Cette capacité n'est pas suffisante pour procurer aux outils électroportatifs autonomes de puissance, l'énergie nécessaire pour travailler une demi-journée, ni a fortiori une journée continue.

20 Il existe donc un besoin et une demande effective pour des batteries ayant un rapport capacité/poids plus performant, de façon à permettre d'étendre le champ d'application des outils électroportatifs autonomes de puissance, compte tenu de leurs avantages et qualités précités.

25 L'invention vise, dans ce but, à utiliser la technologie émergente des batteries lithium-ion et lithium polymère dans le contexte des outils électroportatifs autonomes et de puissance.

30 En effet, bien que ces batteries soient actuellement fréquemment utilisées dans les téléphones mobiles, caméscopes et ordinateurs portables, elles ne sont pas encore utilisées dans les applications d'outils électroportatifs, notamment de puissance, compte tenu des difficultés rencontrées dans leur mise en œuvre dans cette application. Or, elles offrent des rapports capacité/poids de 150 à 200 Wattheures par kilo, ce qui permettrait de tripler, voire de quadrupler la puissance ou la durée d'utilisation de ces outils électroportatifs, par rapport à leurs possibilités
35 actuelles avec les batteries nickel cadmium ou nickel métal hydrure.

Il y a lieu de remarquer que, compte tenu de la demande en puissance, l'utilisation des batteries lithium-ion et lithium polymère dans

- 3 -

l'application des outils électroportatifs de puissance nécessite la fourniture de tensions élevées.

En effet, les éléments lithium-ion et lithium polymère ne peuvent par nature délivrer un courant important et nécessitent de ce fait le couplage des éléments de base en série, de façon à obtenir des tensions élevées, permettant par ce biais la fourniture de puissances conséquentes malgré un faible courant.

Ainsi, pour la formation de batteries délivrant des puissances électriques adaptées à des applications dans les outils portatifs autonomes de puissance, tout en respectant la législation en vigueur en matière de tension d'utilisation et en fournissant des tensions de travail utiles, il y a lieu de réaliser des couplages série de nombreux éléments ou de nombreuses cellules, chacune de ces dernières regroupant de tels éléments en parallèle.

Il en résulte des difficultés importantes de commande et de contrôle de telles batteries à composants multiples, qui n'ont pas été résolues à ce jour.

En effet, dans les applications citées précédemment (téléphones mobiles, caméscopes et ordinateurs portables) les batteries comportent en général au plus quatre éléments associés en série, dont le contrôle en charge et en décharge est peu complexe et relativement aisé à mettre en œuvre.

Le but de la présente invention est de trouver une solution au problème exposé ci-dessus.

A cet effet, la présente invention concerne un ensemble outil électrique portatif autonome de puissance du type précité, c'est-à-dire comportant au moins les trois sous-ensembles fonctionnels évoqués précédemment, ledit ensemble outil étant caractérisé en ce que :

le second sous-ensemble est portable par l'opérateur et est constitué, d'une part, par une batterie électrochimique lithium-ion ou lithium polymère formée par association de plus de quatre cellules en série, chaque cellule étant composée d'un élément ou de plusieurs éléments en parallèle et, d'autre part, par un module de contrôle et de commande de la batterie, préférentiellement sous la forme d'un dispositif électronique situé à proximité immédiate de ladite batterie et assurant dans le temps et de manière contrôlée une capacité maximale de la batterie et une utilisation optimale de l'outil ;

le premier sous-ensemble est soumis durant son fonctionnement à un contrôle par un système de limitation en courant

- 4 -

adapté à préserver la batterie lithium-ion ou lithium polymère dont il puise l'énergie ;

le troisième sous-ensemble consiste au moins en une source d'alimentation électrique dont la tension et le courant sont adaptés à la recharge de la batterie lithium-ion ou lithium polymère.

La présente invention sera mieux comprise, grâce à la description ci-après, qui se rapporte à un mode de réalisation préféré, donné à titre d'exemple non limitatif, et expliqué avec référence aux dessins schématiques annexés, dans lesquels :

la figure 1 est une vue en perspective d'un ensemble d'outil selon l'invention, sous la forme d'un sécateur, pendant une phase de charge ;

la figure 2 est une vue en perspective de l'ensemble d'outil de la figure 1 lors d'une utilisation par un opérateur ;

la figure 3 est un schéma synoptique du second sous-ensemble fonctionnel faisant partie de l'ensemble d'outil, et,

la figure 4 est un schéma électronique de principe de certains éléments constitutifs du second sous-ensemble représenté sur la figure 3.

Comme le montrent les figures 1, 3 et 4, l'ensemble outil électrique portatif autonome de puissance 1 comprend au moins trois sous-ensembles fonctionnels distincts 2, 3 et 4, à savoir un premier sous-ensemble 2 formant actionneur électrique et générant l'action mécanique de l'outil, un deuxième sous-ensemble 3 formant source d'énergie électrique et comprenant essentiellement une batterie électrochimique rechargeable 5 et un troisième sous-ensemble 4 formant chargeur apte à effectuer la recharge contrôlée de la batterie 5.

Conformément à l'invention, le deuxième ou second sous-ensemble 3 est portable par l'opérateur et est constitué, d'une part, par une batterie électrochimique 5 lithium-ion ou lithium polymère formée par association de plus de quatre cellules 6 en série, chaque cellule étant composée d'un élément ou de plusieurs éléments en parallèle et, d'autre part, par un module 7 de contrôle et de commande de la batterie 5, préférentiellement sous la forme d'un dispositif électronique situé à proximité immédiate de ladite batterie 5 et assurant dans le temps et de manière contrôlée une capacité maximale de la batterie et une utilisation optimale de l'outil.

De plus, le premier sous-ensemble 2 est soumis durant son fonctionnement à un contrôle par un système 8 de limitation en courant

- 5 -

adapté à préserver la batterie lithium-ion ou lithium polymère 5 dont il puise l'énergie et le troisième sous-ensemble 4 consiste au moins en une source d'alimentation électrique dont la tension et le courant sont adaptés à la recharge de la batterie lithium-ion ou lithium polymère 5.

5 En situant le module 7 à proximité immédiate de la batterie 5, les connexions et le câblage sont rendus plus aisés et les signaux de mesure et de commande moins exposés à des perturbations, des pertes ou des parasites et moins soumis à des dérives, du fait d'une distance de transmission réduite.

10 Le deuxième et le troisième sous-ensembles 3 et 4 peuvent se présenter sous la forme d'une unité unique intégrant lesdits deux sous-ensembles 3 et 4 ou sous la forme de deux modules physiques distincts, reliés entre eux durant les phases de charge.

15 Cette dernière variante de réalisation sera bien entendu privilégiée dans le cadre de la présente invention, pour réduire la charge à porter par l'utilisateur.

Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, le module 7 de contrôle et de commande électronique de la batterie 5 du second sous-ensemble 3 se présente sous la forme d'une carte électronique et comprend
20 au moins une unité de traitement numérique 9, telle que par exemple un microprocesseur, microcontrôleur, un processeur de signaux numériques, associée à une mémoire et à des circuits annexes, aptes ensemble à remplir au moins certaines, et préférentiellement toutes les tâches du groupe de tâches suivant formé par :

25 la gestion de la charge,
la gestion de la décharge,
l'équilibrage de la charge de chaque cellule 6,
l'évaluation et l'affichage de la capacité de la batterie 5,
la protection en décharge de la batterie 5 en surintensité
30 pendant l'utilisation de l'outil,
la gestion de l'outil durant les phases d'entreposage,
la gestion des alarmes,
la gestion et la transmission des informations recueillies,
la gestion des diagnostics.

35 L'exécution de ces différentes tâches est déclenchée et pilotée par l'unité de traitement numérique 9 sous la commande et le contrôle d'un programme de gestion du fonctionnement de l'ensemble d'outil 1, en

- 6 -

prenant en compte les commandes de l'utilisateur et les valeurs de différents paramètres mesurées au niveau du deuxième sous-ensemble 3, ainsi qu'éventuellement au niveau du premier et/ou du troisième sous-ensemble(s) 2 et/ou 4.

5 En accord avec une première caractéristique de l'invention, et en vue de l'accomplissement des tâches de gestion de la charge, de gestion de la décharge, d'équilibrage de la charge de chaque cellule 6, d'évaluation et d'affichage de la capacité de la batterie 5, le module de contrôle et de commande 7 exploite en permanence les valeurs de mesure de la tension de
10 chaque cellule 6 composant la batterie 5.

A cet effet, et comme le montrent les figures 3 et 4 des dessins annexés, l'invention prévoit que, pour une batterie 5 formée de n cellules 6 en série, les valeurs de mesure de la tension de chaque cellule 6 sont fournies par une chaîne électronique d'acquisition 10 constituée
15 principalement de n modules analogiques 11 identiques, montés respectivement aux bornes des n cellules 6 de la batterie 5 et aptes à mesurer la tension de la cellule 6 respectivement correspondante, les valeurs de tensions mesurées par chacun des n modules 11 étant ensuite acheminées, l'une après l'autre, par l'intermédiaire d'au moins un
20 multiplexeur analogique 12 et après amplification par un circuit adapté 13 vers un convertisseur analogique/numérique d'entrée 9' de l'unité de traitement numérique 9 faisant partie du module 7 de contrôle et de commande.

Le convertisseur 9' pourra soit être intégré à l'unité 9, soit
25 former un circuit séparé de cette dernière.

Par l'intermédiaire de cette chaîne électronique d'acquisition 10, le module de commande et de contrôle 7 effectue une scrutation séquentielle ou cyclique des tensions des différentes cellules 6, provoquant un rafraîchissement à grande fréquence des données de tension pour chaque
30 cellule 6 disponible au niveau de l'unité 9, permettant ainsi une prise en compte et une réaction rapides suite à l'occurrence d'une valeur de mesure de tension anormale.

Comme le montre la figure 4 des dessins annexés, les modules analogiques 11 de mesure de tensions réalisent respectivement pour chaque
35 cellule 6 une soustraction entre la tension mesurée à sa borne positive et la tension mesurée à sa borne négative, ce par l'intermédiaire d'un montage

- 7 -

électronique différentiel à amplificateur opérationnel 11' utilisant des résistances 11" ou des éléments résistifs d'entrée.

En vue d'aboutir à une sensibilité de mesure adaptée à un contrôle sûr et précis de chaque cellule 6, le montage électronique en différentiel à amplificateur opérationnel 11' de chaque module de mesure de tension 11 comporte des résistances ou des éléments résistifs d'entrée 11" d'impédance proche ou supérieure à 1 Mohm, de façon à obtenir des courants de fuite très faibles et par exemple, mais non limitativement, inférieurs à $1/20000^{\text{ème}}$ par heure de la capacité totale de la batterie 5, les valeurs de mesure de la tension de chaque cellule 6 étant préférentiellement délivrées avec une précision de mesure d'au moins 50 mV.

De manière avantageuse, la précision de mesure de la tension souhaitée, c'est-à-dire avantageusement d'au moins 50 mV, est obtenue par étalonnage lors de la fabrication de la carte électronique du module contrôle et de commande de la batterie 7, permettant de compenser individuellement les erreurs de mesure de tension analogique 11.

Cet étalonnage peut, par exemple, consister à introduire par programmation dans l'unité de traitement numérique 9, pour chaque module de mesure de tension 11, des paramètres correcteurs d'erreurs fonction de la mesure d'une ou de plusieurs tensions de référence très précises, que l'on substitue pour cette opération d'étalonnage aux tensions normalement mesurées aux bornes de chaque cellule 6.

Afin de permettre de délivrer à l'unité 9 un signal de mesure avec la précision requise, le convertisseur analogique/numérique 9' fournira au moins dix bits significatifs en sortie.

Conformément à une autre caractéristique de l'invention, la tâche d'équilibrage de la charge des cellules 6 les unes par rapport aux autres est gérée par l'unité de traitement numérique 9 qui commande sur la base des valeurs de mesure de tension de chaque cellule 6, et si nécessaire pour chacune d'entre d'elles, l'évolution du courant de charge par l'intermédiaire de circuits dissipateurs à base de commutateurs électroniques 14 associés à des éléments résistifs 14'.

Le procédé mis en œuvre pour réaliser une charge équilibrée de la batterie 5 peut par exemple être celui décrit dans la demande de brevet français n° 03 13570 déposée le 20 novembre 2003 par la demanderesse de la présente.

- 8 -

En accord avec une autre caractéristique de l'invention, la tâche de gestion de la décharge consiste à scruter en permanence les données de la tension de chaque cellule 6 par l'intermédiaire de l'unité de traitement numérique 9, à interrompre la décharge lorsque celle-ci détecte qu'une de ces tensions de cellule 6 a atteint le seuil de décharge minimum préconisé par le fabricant d'éléments lithium-ion ou lithium polymère et à couper la décharge en désactivant le composant 15 de commutation de la décharge, conduisant ainsi à l'arrêt de l'outil 2 et en activant par exemple, non limitativement, un avertisseur sonore ou visuel.

Comme le montrent les figures 3 et 4 des dessins annexés, et conformément à une autre caractéristique encore de l'invention, les tâches de gestion de la charge, d'évaluation et d'affichage de la capacité de la batterie 5 et de protection en surintensité durant la décharge sont gérées en continu par l'unité de traitement numérique 9 grâce à un circuit électronique analogique 16 de mesure du courant de charge et de décharge de la batterie 5.

Avantageusement, durant la tâche de gestion de la charge, alors que le troisième sous-ensemble formant chargeur 4 est connecté au deuxième sous-ensemble 3 au niveau de la carte électronique du module de contrôle et de commande 7 de la batterie 5, la fin de la charge est obtenue par ouverture du composant de commutation de la charge 17 qui est commandé par l'unité de traitement numérique 9 lorsque, d'une part, ladite unité 9 détecte par l'intermédiaire du circuit électronique analogique 16 de mesure du courant de charge et de décharge une chute du courant de charge jusqu'à un seuil préconisé, par exemple de 50 mA, pour la batterie 5 ou que, d'autre part, la température de la batterie 5 dépasse une valeur limite autorisée, par exemple 55°C, ou encore que la charge se prolonge pendant un temps supérieur à une fraction donnée du temps théorique de charge, par exemple environ 20 %.

En outre, la tâche d'évaluation et d'affichage de la capacité de la batterie 5 est gérée par l'unité de traitement numérique 9, cette dernière calculant ladite capacité en prenant en compte en permanence, pendant la charge et pendant l'utilisation de l'outil, d'une part, l'information du courant instantané de charge et de décharge de la batterie 5 délivrée par le circuit électronique analogique de mesure du courant de charge et décharge 16 et, d'autre part, les valeurs de mesure de tension de chaque cellule 6 et, non

- 9 -

obligatoirement mais pour un calcul plus précis, leur résistance interne moyenne connue.

La tâche de protection en surintensité pendant la décharge de la batterie 5 lors de l'utilisation de l'outil, destinée à préserver la batterie lithium-ion ou lithium polymère d'un vieillissement prématuré ou d'un échauffement exagéré, consiste soit à couper le courant de décharge en cas de dépassement impulsif très important du courant maximum de décharge admis pour la batterie 5 ou de dépassement de la température maximum limite autorisée pour celle-ci, soit à limiter le courant de décharge en fonction de l'énergie consommée par l'outil pendant un certain temps glissant, sachant que la valeur de l'énergie et le temps glissant sont prédéterminés expérimentalement en fonction de l'outil, de son utilisation et de la durée de vie recherchée pour la batterie 5 lithium-ion ou lithium polymère faisant partie du second sous-ensemble 3.

En accord avec une variante de réalisation préférée, la limitation de courant de décharge est gérée par l'unité de traitement numérique 9 en appliquant une commande en modulation de largeur d'impulsion (MLI), générée soit directement par ladite unité 9, soit par un composant spécialisé, au travers d'un étage de pilotage 18, au composant de commutation de la décharge 15 réalisé par exemple sous la forme d'un composant du type Mosfet canal N.

En vue d'aboutir automatiquement à des conditions de stockage optimisées, il peut être prévu que, lorsque l'ensemble d'outil électrique 1 n'est pas en charge et qu'il n'a pas été utilisé pendant une durée donnée, par exemple 10 jours, l'unité de traitement numérique 9 engage automatiquement une tâche de gestion de l'entreposage qui consiste à vérifier si la capacité résiduelle de la batterie 5 est supérieure ou non à la capacité de stockage préconisée par le fabricant d'éléments lithium-ion ou lithium polymère et, si la capacité résiduelle est bien supérieure à la capacité de stockage, à déclencher par l'unité de traitement numérique 9 une décharge automatique de la batterie à l'aide de circuits résistifs 14' connectés en parallèle sur chaque cellule 6, ce jusqu'à ce que la capacité de stockage soit atteinte, et dès lors à arrêter tous les circuits électroniques tout en mettant l'unité de traitement 9 en veille en mode faible consommation et, si la capacité est inférieure à la capacité de stockage, à faire déclencher par l'unité de traitement numérique 9 une alarme sonore et/ou visuelle.

- 10 -

De manière avantageuse, l'unité de traitement numérique 9 est apte à détecter la connexion du chargeur 4 sous tension à la batterie 5 par l'intermédiaire d'une mesure de tension par le module de contrôle et de commande 7 à l'une au moins des bornes 20, préférentiellement une borne positive, du second sous-ensemble 3 destinées à être connectées audit chargeur 4.

Cette fonction, éventuellement réalisée au moyen d'un circuit de mesure 19 particulier adapté, permet, tant que l'outil est stocké en phase de non utilisation, en détectant l'instant auquel au moins une cellule 6 a atteint la tension minimum préconisée par le fabricant, de déclencher ainsi une recharge automatique de la batterie 5.

Lorsque le module de contrôle et de commande 7 détecte une tension du chargeur 4 excessive ou insuffisante au niveau des bornes de connexion 20 correspondantes du second sous-ensemble 3, l'unité de traitement numérique 9 qui exploite cette information commande l'arrêt de la charge et déclenche une alarme sonore et/ou visuelle.

On notera que la paire de bornes 20 de connexion au chargeur 4 et la paire de bornes 20 de connexion à l'outil 2 présentent une borne négative commune reliée à la masse, mais des bornes positives distinctes, à chacune desquelles est couplé un composant de commutation 15 ou 17 correspondant.

Pour faciliter le contrôle à long terme de l'utilisation de l'ensemble d'outil 1, ainsi que sa maintenance et la planification de son suivi technique, la tâche de gestion des informations et des diagnostics peut consister à emmagasiner dans la mémoire de l'unité de traitement numérique 9 des informations acquises pendant l'utilisation de l'outil telles que par exemple : le nombre de recharges, la comptabilisation des heures d'utilisation de l'outil, l'évolution de la capacité de la batterie 5 dans le temps, l'énergie moyenne consommée par l'outil ou analogues, ces informations pouvant être transmises par l'intermédiaire d'une liaison 23 filaire, radiofréquence ou infrarouge vers un terminal d'exploitation séparé, par exemple du type ordinateur personnel, assistant personnel électronique, GSM, pouvant éventuellement être relié au réseau Internet.

En vue d'optimiser l'intégration des moyens de commande et de contrôle de l'ensemble d'outil 1, le module de contrôle et de commande 7 de la batterie 5 faisant partie du second sous-ensemble 3 formant source d'énergie électrique rechargeable peut être associé au module de contrôle et

- 11 -

de commande électronique de l'actionneur 2 sur la même carte électronique, le cas échéant avec utilisation de la même unité de traitement numérique 9.

Le circuit numérique 9 comprendra également un moyen 24 de contrôle du déroulement du programme de gestion de l'ensemble d'outil 1 et d'acquisition ordonnée des valeurs de mesure, représenté de manière symbolique sur la figure 3.

Des moyens de commande et de contrôle de l'actionneur 2 sont déjà connus en tant que tels et ne seront pas décrits davantage dans la présente.

Afin de fournir des sécurités supplémentaires, permettant de protéger les cellules 6 de la batterie 5 dans des cas d'exposition de ces cellules à des conditions extrêmes de tension ou de courant, des circuits additionnels de coupure de la connexion du deuxième sous-ensemble 3 avec le premier ou le troisième sous-ensemble 2 ou 4 peuvent être prévus, en parallèle au système de contrôle normal précité construit autour de l'unité de traitement numérique 9.

Ainsi, le module de contrôle et de commande électronique 7 de la batterie 5 peut comporter pour chaque cellule 6 des circuits redondants de sécurité d'arrêt de charge 21, aptes à commander chacun individuellement, en cas de surtension d'une cellule 6, l'arrêt général de la charge en désactivant directement le composant 17 de commutation de la charge sans solliciter l'unité de traitement numérique 9.

De même, le module de contrôle et de commande électronique 7 peut comporter un circuit redondant d'arrêt de décharge 21', apte à commander l'arrêt de la décharge en cas de détection d'un courant de décharge égal ou supérieur à une valeur maximale admissible pour la batterie 5 par le circuit électronique analogique de mesure 16, en désactivant directement le composant 15 de commutation de la décharge sans solliciter l'unité de traitement numérique 9.

Préférentiellement, le troisième sous-ensemble 4 formant chargeur adapté à la recharge de la batterie 5 lithium-ion ou lithium polymère génère une tension avec une précision proche de 0,5 % et un courant régulé, obtenus au moyen d'un circuit spécialisé de régulation de tension et de courant. De tels circuits sont déjà connus en tant que tels et ne nécessitent pas de description supplémentaire.

Comme le montrent les figures 1 et 2 des dessins annexés, chaque sous-ensemble fonctionnel 2, 3 et 4 est monté (lorsque les sous-

- 12 -

ensembles 3 et 4 sont distincts) dans un boîtier de protection et/ou de préhension propre, pouvant être reliés entre eux deux à deux par des câbles flexibles déconnectables 22, 22' pour le transfert d'énergie et la transmission des signaux de commande et/ou de contrôle entre lesdits sous-ensembles 2, 3, 4.

On notera que la charge de la batterie 5 peut être effectuée avec le câble 22' reliant entre eux les sous-ensembles 2 et 3 ou non.

Le boîtier renfermant le premier sous-ensemble 2 portera également l'outil et sera conformé, au niveau d'une partie ou moins, de manière ergonomique pour autoriser une préhension aisée, sure et confortable de la part de l'utilisateur.

En outre, les boutons ou organes de commande analogues, ainsi que les moyens d'affichage et d'avertissement sonore et/ou lumineux, sont préférentiellement présents en partie au niveau du boîtier du premier sous-ensemble 2 et en partie au niveau du boîtier du deuxième sous-ensemble 3, en fonction de leur type et de la nécessité de pouvoir être accessibles par l'opérateur durant l'utilisation effective de l'ensemble d'outil 1.

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée au mode de réalisation décrit et représenté aux dessins annexés. Des modifications restent possibles, notamment du point de vue de la constitution des divers éléments ou par substitution d'équivalents techniques, sans sortir pour autant du domaine de protection de l'invention.

REVENDICATIONS

- 1) Ensemble d'outil électrique portatif autonome de puissance tel que par exemple sécateur, scie à chaîne, outil de récolte de fruits, tondeuses à gazon à fils, marteau piqueur ou analogue, comprenant au moins trois sous-ensembles fonctionnels distincts, à savoir un premier sous-ensemble formant actionneur électrique et générant l'action mécanique de l'outil, un deuxième sous-ensemble formant source d'énergie électrique et comprenant essentiellement une batterie électrochimique rechargeable et un troisième sous-ensemble formant chargeur apte à effectuer la recharge contrôlée de la batterie, caractérisé en ce que :
- le deuxième sous-ensemble (3) est portable par l'opérateur et est constitué, d'une part, par une batterie électrochimique (5) lithium-ion ou lithium polymère formée par association de plus de quatre cellules (6) en série, chaque cellule étant composée d'un élément ou de plusieurs éléments en parallèle et, d'autre part, par un module (7) de contrôle et de commande de la batterie (5), préférentiellement sous la forme d'un dispositif électronique situé à proximité immédiate de ladite batterie (5) et assurant dans le temps et de manière contrôlée une capacité maximale de la batterie et une utilisation optimale de l'outil ;
- le premier sous-ensemble (2) est soumis durant son fonctionnement à un contrôle par un système (8) de limitation en courant adapté à préserver la batterie électrochimique (5) lithium-ion ou lithium polymère (5) dont il puise l'énergie ;
- le troisième sous-ensemble (4) consiste au moins en une source d'alimentation électrique dont la tension et le courant sont adaptés à la recharge de la batterie lithium-ion ou lithium polymère (5).
- 2) Ensemble d'outil électrique selon la revendication 1, caractérisé en ce que le module (7) de contrôle et de commande électronique de la batterie (5) du second sous-ensemble (3) se présente sous la forme d'une carte électronique et comprend au moins une unité de traitement numérique (9), telle que par exemple un microprocesseur, microcontrôleur, un processeur de signaux numérique, associée à une mémoire et à des circuits annexes, aptes ensemble à remplir au moins certaines, et préférentiellement toutes les tâches du groupe de tâches suivant formé par :

- 14 -

la gestion de la charge,
la gestion de la décharge,
l'équilibrage de la charge de chaque cellule (6),
l'évaluation et l'affichage de la capacité de la batterie (5),
5 la protection en décharge de la batterie (5) en surintensité pendant l'utilisation de l'outil,
la gestion de l'outil durant les phases d'entreposage,
la gestion des alarmes,
la gestion et la transmission des informations recueillies,
10 la gestion des diagnostics.

3) Ensemble d'outil électrique selon la revendication 2, caractérisé en ce que, en vue de l'accomplissement des tâches de gestion de la charge, de gestion de la décharge, d'équilibrage de la charge de chaque cellule (6), d'évaluation et d'affichage de la capacité de la batterie (5), le
15 module de contrôle et de commande (7) exploite en permanence les valeurs de mesure de la tension de chaque cellule (6) composant la batterie (5).

4) Ensemble d'outil électrique selon la revendication 3, caractérisé en ce que, pour une batterie (5) formée de n cellules (6) en série, les valeurs de mesure de la tension de chaque cellule (6) sont fournies par
20 une chaîne électronique d'acquisition (10) constituée principalement de n modules analogiques (11) identiques, montés respectivement aux bornes des n cellules (6) de la batterie (5) et aptes à mesurer la tension de la cellule (6) respectivement correspondante, les valeurs de tensions mesurées par chacun des n modules (11) étant ensuite acheminées, l'une après l'autre, par
25 l'intermédiaire d'au moins un multiplexeur analogique (12) et après amplification par un circuit adapté (13) vers un convertisseur analogique/numérique d'entrée (9') de l'unité de traitement numérique (9) faisant partie du module (7) de contrôle et de commande.

5) Ensemble d'outil électrique selon la revendication 4,
30 caractérisé en ce que les modules analogiques (11) de mesure de tension réalisent respectivement pour chaque cellule (6) une soustraction entre la tension mesurée à sa borne positive et la tension mesurée à sa borne négative, ce par l'intermédiaire d'un montage électronique différentiel à amplificateur opérationnel (11') utilisant des résistances (11'') ou des
35 éléments résistifs d'entrée.

6) Ensemble d'outil électrique selon la revendication 5, caractérisé en ce que le montage électronique en différentiel à amplificateur

- 15 -

opérationnel (11') de chaque module de mesure de tension (11) comporte des résistances ou des éléments résistifs d'entrée (11'') d'impédance proche ou supérieure à 1 Mohm, de façon à obtenir des courants de fuite très faibles et par exemple inférieurs à $1/20000^{\text{ème}}$ par heure de la capacité totale de la batterie (5).

7) Ensemble d'outil électrique selon les revendications 3 à 6, caractérisé en ce que les valeurs de mesure de la tension de chaque cellule (6) sont délivrées avec une précision de mesure d'au moins 50 mV.

8) Ensemble d'outil électrique selon la revendication 7, caractérisé en ce que la précision de mesure de la tension d'au moins 50 mV est obtenue par étalonnage lors de la fabrication de la carte électronique du module contrôle et de commande de la batterie (7).

9) Ensemble d'outil électrique selon la revendication 8, caractérisé en ce que l'étalonnage lors de la fabrication de la carte électronique consiste à introduire par programmation dans l'unité de traitement numérique (9), pour chaque module de mesure de tension (11), des paramètres correcteurs d'erreurs fonction de la mesure d'une ou de plusieurs tensions de référence très précises, que l'on substitue pour cette opération d'étalonnage aux tensions normalement mesurées aux bornes de chaque cellule (6).

10) Ensemble d'outil électrique selon l'une quelconque des revendications 2 à 9, caractérisé en ce que la tâche d'équilibrage de la charge des cellules (6) les unes par rapport aux autres est gérée par l'unité de traitement numérique (9) qui commande sur la base des valeurs de mesure de tension de chaque cellule (6), et si nécessaire pour chacune d'entre elles, l'évolution du courant de charge par l'intermédiaire de circuits dissipateurs à base de commutateurs électroniques (14) associés à des éléments résistifs (14').

11) Ensemble d'outil électrique selon l'une quelconque des revendications 2 à 10, caractérisé en ce que la tâche de gestion de la décharge consiste à scruter en permanence les données de la tension de chaque cellule (6) par l'intermédiaire de l'unité de traitement numérique (9), à interrompre la décharge lorsque celle-ci détecte qu'une de ces tensions de cellule (6) a atteint le seuil de décharge minimum préconisé par le fabricant d'éléments lithium-ion ou lithium polymère et à couper la décharge en désactivant un composant (15) de commutation de la décharge, conduisant

-16-

ainsi à l'arrêt de l'outil (2) et en activant, par exemple, un avertisseur sonore ou visuel.

12) Ensemble d'outil électrique selon l'une quelconque des revendications 2 à 11, caractérisé en ce que les tâches de gestion de la charge, d'évaluation et d'affichage de la capacité de la batterie (5) et de protection en surintensité durant la décharge sont gérées en continu par l'unité de traitement numérique (9) grâce à un circuit électronique analogique (16) de mesure du courant de charge et de décharge de la batterie (5).

13) Ensemble d'outil électrique selon la revendication 12, caractérisé en ce que durant la tâche de gestion de la charge, alors que le troisième sous-ensemble formant chargeur (4) est connecté au deuxième sous-ensemble (3) au niveau de la carte électronique du module de contrôle et de commande (7) de la batterie (5), la fin de la charge est obtenue par ouverture d'un composant de commutation de la charge (17) qui est commandé par l'unité de traitement numérique (9) lorsque, d'une part, ladite unité (9) détecte par l'intermédiaire du circuit électronique analogique (16) de mesure du courant de charge et de décharge une chute du courant de charge jusqu'à un seuil préconisé, par exemple de 50 mA, pour la batterie (5) ou que, d'autre part, la température de la batterie (5) dépasse une valeur limite autorisée, par exemple 55°C, ou encore que la charge se prolonge pendant un temps supérieur à une fraction donnée du temps théorique de charge, par exemple environ 20 %.

14) Ensemble d'outil électrique selon la revendication 12, pour autant qu'elle se rattache à l'une des revendications 3 à 9, caractérisé en ce que la tâche d'évaluation et d'affichage de la capacité de la batterie (5) est gérée par l'unité de traitement numérique (9), cette dernière calculant ladite capacité en prenant en compte en permanence, pendant la charge et pendant l'utilisation de l'outil, d'une part, l'information du courant instantané de charge et de décharge de la batterie (5) délivrée par le circuit électronique analogique de mesure du courant de charge et décharge (16) et, d'autre part, les valeurs de mesure de tension de chaque cellule (6) et, non obligatoirement mais pour un calcul plus précis, leur résistance interne moyenne connue.

15) Ensemble d'outil électrique selon l'une quelconque des revendications 2 à 14, caractérisé en ce que la tâche de protection en surintensité pendant la décharge de la batterie (5) lors de l'utilisation de

-17-

l'outil, destinée à préserver la batterie lithium-ion ou lithium polymère d'un vieillissement prématuré ou d'un échauffement exagéré, consiste soit à couper le courant de décharge en cas de dépassement impulsif très important du courant maximum de décharge admis pour la batterie (5) ou de dépassement de la température maximum limite autorisée pour celle-ci, soit à limiter le courant de décharge en fonction de l'énergie consommée par l'outil pendant un certain temps glissant, sachant que la valeur de l'énergie et le temps glissant sont prédéterminés expérimentalement en fonction de l'outil, de son utilisation et de la durée de vie recherchée pour la batterie (5) lithium-ion ou lithium polymère faisant partie du second sous-ensemble (3).

16) Ensemble d'outil électrique selon la revendication 15, caractérisé en ce que la limitation de courant de décharge est gérée par l'unité (9) de traitement numérique en appliquant une commande en modulation de largeur d'impulsion (MLI), générée soit directement par ladite unité (9), soit par un composant spécialisé, au travers d'un étage de pilotage (18), à un composant de commutation de la décharge (15) réalisé par exemple sous la forme d'un composant du type Mosfet canal N.

17) Ensemble d'outil électrique selon l'une quelconque des revendications 2 à 16, caractérisé en ce que, lorsqu'il n'est pas en charge et qu'il n'a pas été utilisé pendant une durée donnée, par exemple 10 jours, l'unité de traitement numérique (9) engage automatiquement une tâche de gestion de l'entreposage qui consiste à vérifier si la capacité résiduelle de la batterie (5) est supérieure ou non à la capacité de stockage préconisée par le fabricant d'éléments lithium-ion ou lithium polymère et, si la capacité résiduelle est bien supérieure à la capacité de stockage, à déclencher par l'unité de traitement numérique (9) une décharge automatique de la batterie à l'aide de circuits résistifs (14, 14') connectés en parallèle sur chaque cellule (6), ce jusqu'à ce que la capacité de stockage soit atteinte, et dès lors à arrêter tous les circuits électroniques tout en mettant l'unité de traitement (9) en veille en mode faible consommation et, si la capacité est inférieure à la capacité de stockage, à faire déclencher par l'unité de traitement numérique (9) une alarme sonore et/ou visuelle.

18) Ensemble d'outil électrique selon l'une quelconque des revendications 2 à 17, caractérisé en ce que l'unité de traitement numérique (9) est apte à détecter la connexion du chargeur (4) sous tension à la batterie (5) par l'intermédiaire d'une mesure de tension par le module de contrôle et

- 18 -

de commande (7) à l'une au moins des bornes (20) du second sous-ensemble (3) destinées à être connectées audit chargeur (4).

5 19) Ensemble d'outil électrique selon la revendication 18, caractérisé en ce que la fonction de détection de la connexion du chargeur (4) sous tension à la batterie (5) est réalisée au moyen d'un circuit de mesure (19) particulier adapté, permettant, tant que l'outil est stocké en phase de non utilisation, en détectant l'instant auquel au moins une cellule (6) a atteint la tension minimum préconisée par le fabricant, de déclencher ainsi une recharge automatique de la batterie (5).

10 20) Ensemble d'outil électrique selon la revendication 18 ou 19, caractérisé en ce que lorsque le module de contrôle et de commande (7) détecte une tension du chargeur (4) excessive ou insuffisante au niveau des bornes de connexion (20) correspondantes du second sous-ensemble (3), l'unité de traitement numérique (9) qui exploite cette information
15 commande l'arrêt de la charge et déclenche une alarme sonore et/ou visuelle.

21) Ensemble d'outil électrique selon l'une quelconque des revendications 2 à 20, caractérisé en ce que la tâche de gestion des informations et des diagnostics consiste à emmagasiner dans la mémoire de
20 l'unité de traitement numérique (9) des informations acquises pendant l'utilisation de l'outil telles que par exemple : le nombre de recharges, la comptabilisation des heures d'utilisation de l'outil, l'évolution de la capacité de la batterie (5) dans le temps, l'énergie moyenne consommée par l'outil ou analogues, ces informations pouvant être transmises par l'intermédiaire
25 d'une liaison (23) filaire, radiofréquence ou infrarouge vers un terminal d'exploitation séparé, par exemple du type ordinateur personnel, assistant personnel électronique, GSM, pouvant éventuellement être relié au réseau Internet.

22) Ensemble d'outil électrique selon l'une quelconque des
30 revendications 2 à 21, caractérisé en ce que le module de contrôle et de commande (7) de la batterie (5) faisant partie du second sous-ensemble (3) formant source d'énergie électrique rechargeable est associé au module de contrôle et de commande électronique de l'actionneur (2) sur la même carte électronique, le cas échéant avec utilisation de la même unité de traitement
35 numérique (9).

23) Ensemble d'outil électrique selon l'une quelconque des revendications 1 à 21, caractérisé en ce que le module de contrôle et de

- 19 -

commande électronique (7) de la batterie (5) comporte pour chaque cellule (6) des circuits redondants de sécurité d'arrêt de charge (21), aptes à commander chacun individuellement, en cas de surtension d'une cellule (6), l'arrêt général de la charge en désactivant directement un composant (17) de
5 commutation de la charge sans solliciter l'unité de traitement numérique (9).

24) Ensemble d'outil électrique selon la revendication 12 ou l'une quelconque des revendications 13 à 23 pour autant qu'elle se rattache à la revendication 12, caractérisé en ce que le module de contrôle et de commande électronique (7) comporte un circuit redondant d'arrêt de
10 décharge (21'), apte à commander l'arrêt de la décharge en cas de détection d'un courant de décharge égal ou supérieur à une valeur maximale admissible pour la batterie (5) par le circuit électronique analogique de mesure (16), en désactivant directement le composant (15) de commutation de la décharge sans solliciter l'unité de traitement numérique (9).

15 25) Ensemble d'outil électrique selon l'une quelconque des revendications 1 à 24, caractérisé en ce que le troisième sous-ensemble (4) formant chargeur adapté à la recharge de la batterie (5) lithium-ion ou lithium polymère génère une tension avec une précision proche de 0,5 % et un courant régulé, obtenus au moyen d'un circuit spécialisé de régulation de
20 tension et de courant.

26) Ensemble d'outil électrique selon l'une quelconque des revendications 1 à 25, caractérisé en ce que chaque sous-ensemble fonctionnel (2, 3 et 4) est monté dans un boîtier de protection et/ou de préhension propre, pouvant être reliés entre eux deux à deux par des câbles
25 flexibles déconnectables (22, 22') pour le transfert d'énergie et la transmission des signaux de commande et/ou de contrôle entre lesdits sous-ensembles (2, 3, 4).

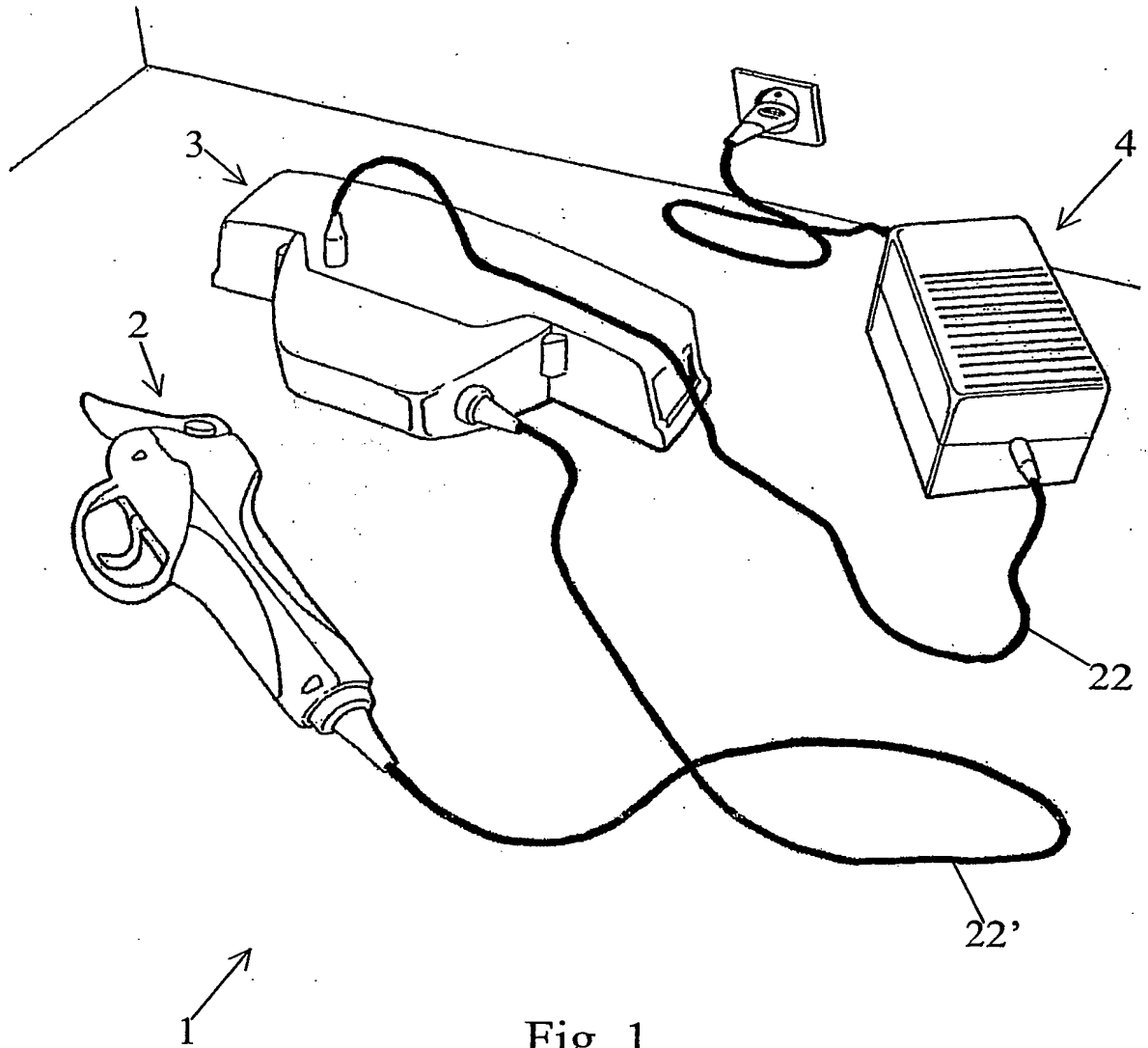


Fig. 1

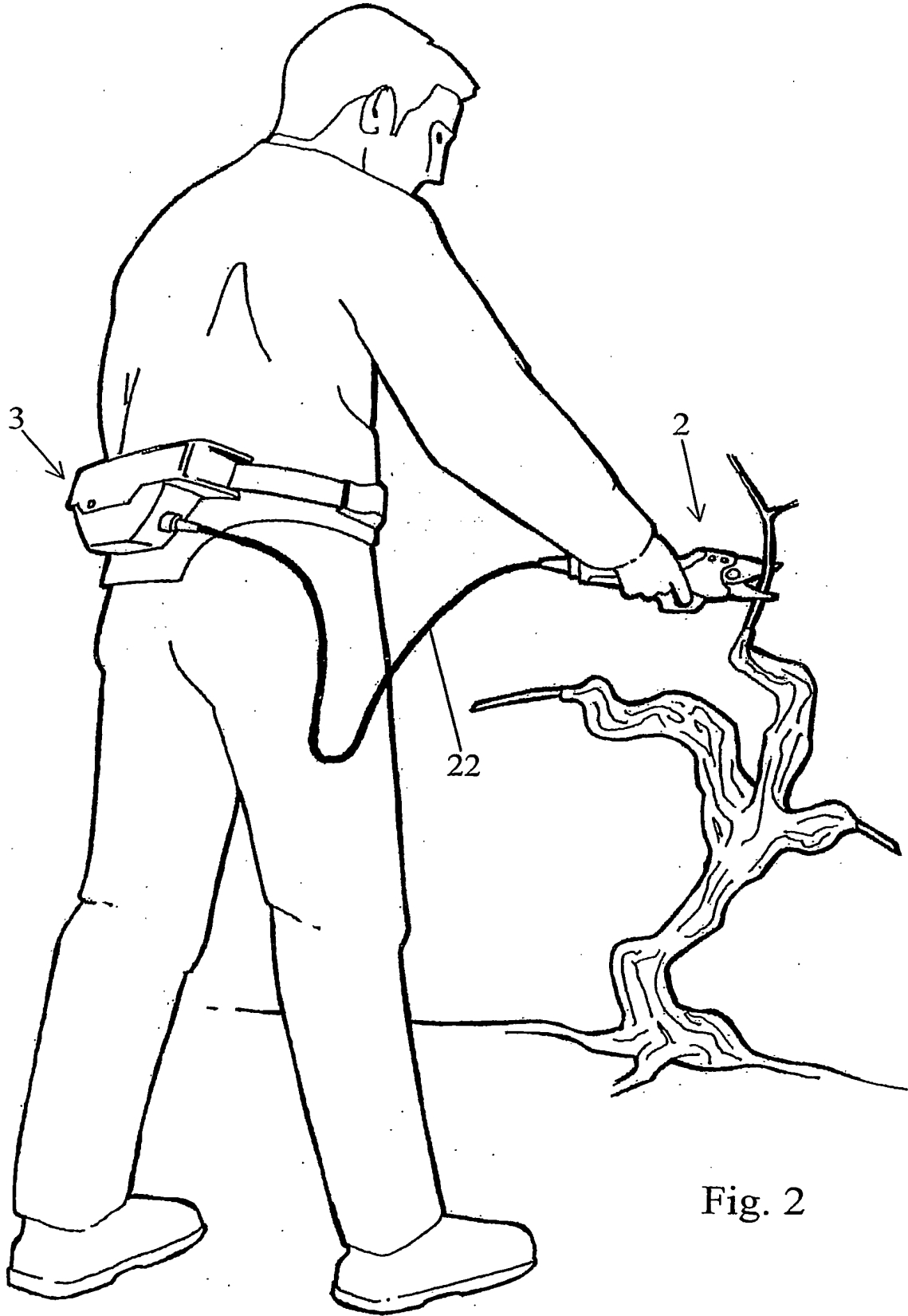


Fig. 2

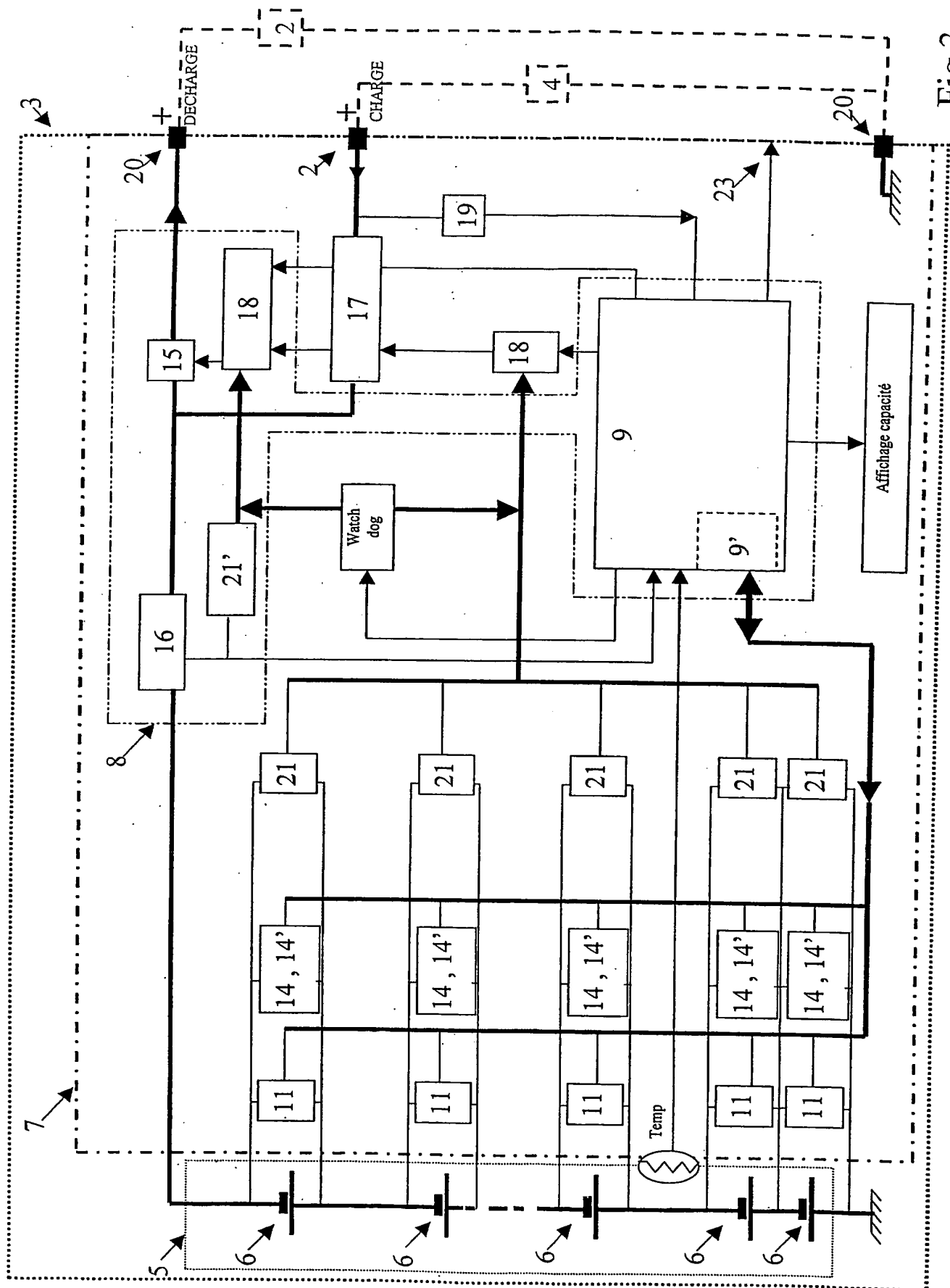


Fig.3

Fig.4

